

DESENVOLVIMENTO DE PARTÍCULAS HÍBRIDAS DE GELATINA (*Cynoscion acoupa*) – GLUCANOS DE *Pleurotus ostreatus* POR RETICULAÇÃO QUÍMICA

DEVELOPMENT OF HYBRID PARTICLES OF GELATIN (*Cynoscion acoupa*) – GLUCANS
FROM *Pleurotus ostreatus* VIA CHEMICAL CROSS-LINKING

Maria Dielem Sousa CORREA¹
Jhonatas Rodrigues BARBOSA²
Ana Caroline Pereira da SILVA³
Maurício Madson dos Santos FREITAS⁴
Lúcia de Fátima Henriques LOURENÇO⁵

Área Temática III: Engenharia de Alimentos, Tecnologias Agroalimentares e Sistemas Agroindustriais
Modalidade: Resumo expandido

Palavras-chave: gelatina; conjugados; reticulação; ácido cítrico; polissacarídeo

1. Introdução

A crescente poluição por resíduos plásticos impulsiona uma grave crise ambiental, gerando impactos negativos ao meio ambiente, biodiversidade e saúde humana. O Brasil é um dos maiores produtores de resíduos sólidos urbanos na América Latina, sendo que os plásticos correspondem a 17% do total gerado (ABRELPE, 2022). Apesar dos plásticos serem utilizados em diversos setores, por exemplo, na indústria de alimentos para embalagens, suas limitações, como a baixa degradabilidade, a possibilidade da migração de micropartículas para alimentos e descarte inadequado, geram preocupações a longo prazo (RODRIGUES et al., 2019; ZHANG et al., 2023).

Diante disso, mesmo que inviável para o mundo moderno substituir por completo os processos e os produtos que demandam plástico, é importante o desenvolvimento de soluções sustentáveis para uma mudança gradual (RODRIGUES et al., 2019). Assim, os biopolímeros tem se destacado como potenciais matérias-primas para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis (BAYRAM et. al, 2021; LOPUSIEWICZ et. al, 2021; NILSUWAN et. al, 2021). A gelatina de peixe, obtida a partir de resíduos do beneficiamento do pescado, e os

¹ PPGCTA/UFPA; mariadiemsc@gmail.com

² PPGCTA/UFPA; jhonquimbarbosa@gmail.com

³ PPGCTA/UFPA; engcaroline2017@gmail.com

⁴ PPGCTA/UFPA; mauriciomadson28@gmail.com

⁵ PPGCTA/ITEC/UFPA; luciah@ufpa.br

glucanos de cogumelo, conhecidos por suas propriedades biológicas, consistem em biopolímeros promissores para essa finalidade (BARBOSA et al., 2020; USMAN, 2022).

A reticulação química consiste em um processo que viabiliza a formação de ligação entre as moléculas dos biopolímeros, e tem se destacado como uma estratégia sustentável e eficiente para melhorar as propriedades de embalagens (GARAVAND et. al, 2017). O ácido cítrico, um agente reticulador, seguro e de grau alimentício tem sido utilizado com sucesso nesse processo (CHERRINGTON, 1991).

Neste contexto, como forma de reduzir os impactos ao meio ambiente, este estudo, desenvolveu pela primeira vez, uma nova partícula com propriedades plásticas a partir de biopolímeros naturais, apostando na reticulação química e abordagem intermolecular, a fim de avaliar as características da partícula para aplicação em embalagens biodegradáveis.

2. Metodologia

2.1 Materiais

A gelatina foi obtida de pele da pescada amarela (*Cynoscion acoupa*). A mistura de glucanos foi obtida a partir do cogumelo *Pleurotus ostreatus* (Barbosa et al., 2020). O ácido cítrico monohidratado adquirido da Neon (Brasil).

2.2 Preparo de soluções conjugados gelatina-glucanos

Soluções contendo gelatina e diferentes concentrações de glucano (60 mg, 40 mg, 20 mg, 10 mg) foram preparadas em meio ácido (pH 3), utilizando ácido cítrico como agente reticulador. De acordo com as proporções de (gelatina-glucano), um total de 150 mL de solução de mistura foi adicionado a um balão de fundo redondo e agitado a 100 °C por 1:30 h sob refluxo. Os conjugados preparados (colocados em moldes cilíndricos) foram pré congelados a -80 °C e liofilizados.

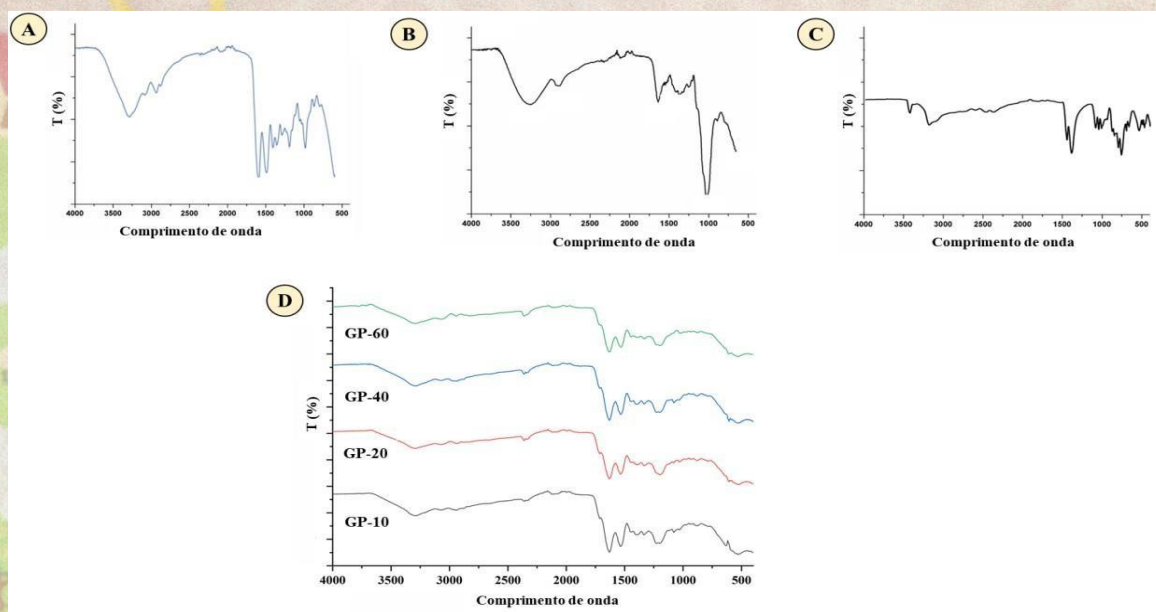
O efeito da reticulação foi avaliado após liofilização dos conjugados reticulados, através da análise de FTIR. Também avaliou-se as propriedades óticas e atividade de água das partículas, que foram submetidas à análise de variância (ANOVA).

3. Resultados/Discussões

A reticulação entre a gelatina e o glucano foi confirmada pelas análises de FTIR, que mostraram o desaparecimento de picos característicos dos grupos carboxílicos e o surgimento de novas bandas, indicando a formação de ligações amida e éster, em comparação aos componentes puros (URANGA et al., 2016; BARBOSA et al., 2020; LIU et al., 2023; AMELIA

et al., 2024). O aumento da concentração de glucano na formulação influenciou a taxa de reticulação intermolecular, sugerindo um papel importante desse polissacarídeo na formação da estrutura da partícula (Figura 1).

Figura 1 – Espectros no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). (A) Espectros FTIR da gelatina de peixe. (B) Espectros FTIR do beta glucano de *Pleurotus Ostreatus*. (C) Espectros FTIR do ácido cítrico. (D) Espectros FTIR dos conjugados reticulados.



Fonte: Autor, 2025.

O mecanismo de reação proposto para a reticulação entre a gelatina e o ácido cítrico foi a substituição nucleofílica S_n2 , favorecida pelas condições de pH ácido e alta temperatura.

A Tabela 1 apresenta a análise de variância (ANOVA) dos resultados de caracterização das partículas após desidratação. As aparências das amostras foram quantificadas pelos valores L, a, b e ΔE , sendo bons indicadores da cor da amostra.

Tabela 1 – Propriedades de cor e atividade de água (Aa) de partículas proteína-polissacarídeo após liofilização.

Amostras	Parâmetros				
	L	a	b	ΔE	Aa
10MG	70,22±0,30 ^b	-2,69±0,12 ^b	16,34±0,19 ^c	56,88±0,23 ^b	0,56±0,00 ^c
20MG	67,59±1,46 ^a	-2,81±0,07 ^b	14,54±0,18 ^a	54,14±1,46 ^a	0,54±0,00 ^b
40MG	73,81±0,39 ^c	-3,17±0,04 ^a	15,08±0,14 ^b	60,52±0,41 ^c	0,53±0,00 ^a
60MG	69,51±0,28 ^{ab}	-3,05±0,03 ^a	14,35±0,09 ^a	55,99±0,29 ^{ab}	0,54±0,00 ^{ab}

Fonte: Autor, 2025.

A cor é um importante parâmetro que pode determinar a aplicação de um produto. No geral, ela não influencia nas propriedades funcionais, porém, a cor clara é preferível porque é mais fácil de incorporar em quaisquer sistemas alimentares sem transferir forte atributo de cor ao produto (SHYNI et al., 2014).

O parâmetro L indica luminosidade, quanto maior for esse parâmetro mais clara é a gelatina. Valores abaixo de 50 caracteriza cores escuras, em contrapartida, acima de 50 indicam cor clara. Conforme resultados obtidos as amostras apresentaram diferença ($p \leq 0,05$), mas tenderam para uma cor mais clara. O parâmetro a refere-se a intensidade do verde-vermelho mas apresentou valor próximo de zero, logo, apesar da diferença entre amostras não influenciou na cor das partículas. O b indica a intensidade do amarelo ao azul, nas amostras obteve-se valores de 14 a 16 e conforme espectro de cor o parâmetro influenciou levemente na cor das amostras. Dessa forma, a aparência das amostras não teve influência da variação na quantidade de polissacarídeo e tendeu para cor mais clara e brilhosa. O resultado obtido indica ponto positivo quanto à aplicabilidade de aceitabilidade do consumidor.

A atividade de água (Aa) das partículas variou entre 0,53 e 0,56 indicando valores baixos. A estabilidade microbiológica de alimentos ocorre em atividade de água menor que 0,6, logo, pode-se afirmar que as diferentes condições de obtenção estudadas conseguem garantir a estabilidade das amostras. Porém, valores de água livre baixo requerem atenção quanto armazenamento para evitar absorção de umidade e deterioração microbiana, além de reações químicas.

4. Considerações Finais ou Conclusão

As partículas híbridas obtidas são promissoras como biopolímeros verdes, não tóxicos e baratos para produção de embalagens biodegradáveis. Este estudo mostra que o processo de reticulação química realizado com ácido cítrico e aquecimento gera conjugados ligados fortemente à medida que se intensifica a quantidade de glucano. Além disso, os resultados corroboram a reticulação de forma intramolecular e intermolecular.

Portanto, este estudo demonstra viabilidade para um novo biopolímero, com potencial para diversas aplicações em diferentes setores industriais, especialmente no segmento alimentício. Seu impacto positivo reside principalmente na contribuição para a redução dos impactos ambientais, por meio da produção de embalagens biodegradáveis.

5. Referências Bibliográficas

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>. Acesso em: 10/05/2025.

AMELIA, Sekar Tri Wulan et al. Novel cross-linking of toxic-free biopolymers for cellulosegelatin films from avocado seed waste. **Bioresource Technology Reports**, v. 25, p. 101725, 2024.

BARBOSA, Jhonatas Rodrigues et al. Obtaining extracts rich in antioxidant polysaccharides from the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* using binary system with hot water and supercritical CO₂. **Food Chemistry**, v. 330, p. 127173, 2020.

GARAVAND, Farhad et al. Improving the integrity of natural biopolymer films used in food packaging by crosslinking approach: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 104, p. 687-707, 2017.

CHERRINGTON, C. A. et al. Organic acids: chemistry, antibacterial activity and practical applications. **Advances in Microbial Physiology**, v. 32, p. 87-108, 1991.

LIU, Ningyue et al. Effect of the β -glucan from *Lentinus edodes* on colitis-associated colorectal cancer and gut microbiota. **Carbohydrate Polymers**, v. 316, p. 121069, 2023.

LI, Jiawen et al. Characterization of chitosan-gelatin cryogel templates developed by chemical crosslinking and oxidation resistance of camellia oil cryogel-templated oleogels. **Carbohydrate Polymers**, v. 315, p. 120971, 2023.

ŁOPUSIEWICZ, Łukasz et al. The application of spray-dried and reconstituted flaxseed oil cake extract as encapsulating material and carrier for probiotic *Lactobacillus rhamnosus* GG. **Materials**, v. 14, n. 18, p. 5324, 2021.

NILSUWAN, Krisana et al. Properties of chicken protein isolate/fish gelatin blend film incorporated with phenolic compounds and its application as pouch for packing chicken skin oil. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 30, p. 100761, 2021.

SHYNI, K. et al. Isolation and characterization of gelatin from the skins of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), dog shark (*Scoliodon sorrakowah*), and rohu (*Labeo rohita*). **Food hydrocolloids**, v. 39, p. 68-76, 2014.

USMAN, Muhammad et al. Gelatin extraction from fish waste and potential applications in food sector. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 57, n. 1, p. 154-163, 2022.

ZHANG, Wanli et al. Cross-linked biopolymeric films by citric acid for food packaging and preservation. **Advances in Colloid and Interface Science**, p. 102886, 2023.